

**ДИСКРЕТНЫЕ МОДЕЛИ ДАННЫХ В  
КОМПЬЮТЕРЕ.  
ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЧИСЕЛ.**

Презентация для 10 класса

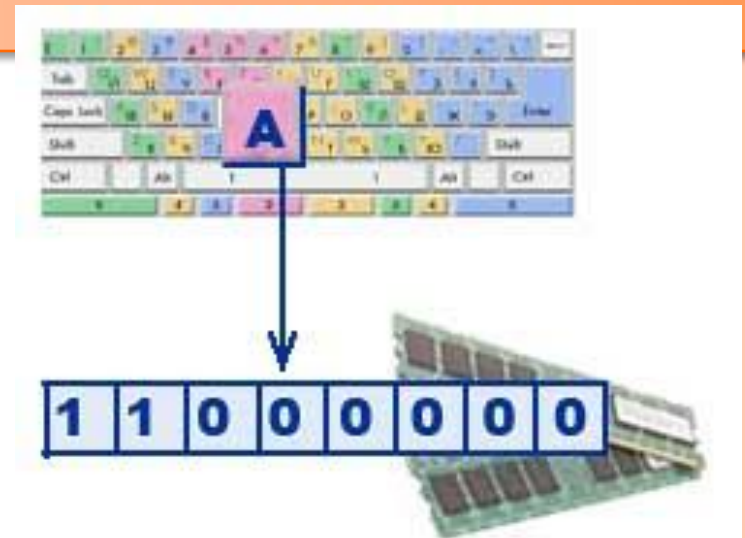
## ОБРАЗ КОМПЬЮТЕРНОЙ ПАМЯТИ

1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0
0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1
1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1
1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1
1	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0
1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1
1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0
1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0
0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1
1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0
1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0
1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1
0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0
0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1
0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0
1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1

# ГЛАВНЫЕ ПРАВИЛА ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ДАННЫХ В КОМПЬЮТЕРЕ

## Правило № 1

Данные (и программы) в памяти компьютера хранятся в двоичном виде, т.е. в виде цепочек единиц и нулей.



## Правило № 2

Представление данных в компьютер дискретно.

**Дискретизация** — преобразование непрерывной функции в дискретную.



□ **Дискретность** (от лат. discretus — **разделённый, прерывистый**), прерывность; противопоставляется непрерывности. Например, дискретное изменение какой-либо величины во времени — это изменение, происходящее через определённые промежутки времени (скачками); система целых чисел (в противоположность системе действительных чисел) является дискретной. В физике и химии Д. означает зернистость строения материи, её атомистичность.

**ДИСКРЕТНОСТЬ** [discretion] — **прерывность**; напр., изменение экономических показателей во времени всегда имеет прерывный характер, поскольку происходит скачками — от одной даты (года, месяца и т. д.) к другой. Понятие Д. противопоставляется понятию непрерывности.



## Правило № 3

Множество представленных в памяти величин ограничено и конечно.

символ	10-й код	2-й код	символ	10-й код	2-й код
	32	00100000	8	56	00111000
!	33	00100001	9	57	00111001
"	34	00100010	:	58	00111010
#	35	00100011	;	59	00111011
\$	36	00100100	<	60	00111100
%	37	00100101	=	61	00111101
&	38	00100110	>	62	00111110
'	39	00100111	?	63	00111111
(	40	00101000	@	64	01000000
)	41	00101001	A	65	01000001
*	42	00101010	B	66	01000010
+	43	00101011	C	67	01000011
,	44	00101100	D	68	01000100

# Представление чисел в ПК



## ЦЕЛЫЕ ЧИСЛА В КОМПЬЮТЕРЕ

### Правило № 4

В памяти компьютера числа хранятся в двоичной системе счисления.

Например, если под целое число выделяется ячейка памяти размером в 16 битов, то самое большое целое положительное число будет таким:

0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

В десятичной системе счисления оно равно:

$$2^{15} - 1 = 32\,767.$$





## ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЧИСЕЛ В ФОРМАТЕ С ФИКСИРОВАННОЙ ЗАПЯТОЙ

Целые числа в компьютере хранятся в памяти в формате *с фиксированной запятой*. В этом случае каждому разряду ячейки памяти соответствует всегда один и тот же разряд числа, а запятая находится справа после младшего разряда, т.е. вне разрядной сетки.



Для хранения *целых неотрицательных чисел* отводится одна ячейка памяти (8 бит). Например, число  $A_2 = 10101010_2$  будет храниться в ячейке памяти следующим образом:

1	0	1	0	1	0	1	0
---	---	---	---	---	---	---	---

Максимальное значение целого неотрицательного числа достигается в случае, когда во всех ячейках хранятся единицы. Для  $n$ -разрядного представления оно будет равно:

$$2^n - 1$$



ПРИМЕР. ОПРЕДЕЛИТЬ ДИАПАЗОН ЧИСЕЛ, КОТОРЫЕ МОГУТ ХРАНИТЬСЯ В ОПЕРАТИВНОЙ ПАМЯТИ В ФОРМАТЕ *ЦЕЛОЕ НЕОТРИЦАТЕЛЬНОЕ ЧИСЛО*.

Минимальное число соответствует восьми нулям, хранящимся в восьми ячейках памяти, и равно нулю.

Максимальное число соответствует восьми единицам, хранящимся в ячейках памяти и равно:

$$A = 1*2^7 + 1*2^6 + 1*2^5 + 1*2^4 + 1*2^3 + 1*2^2 + 1*2^1 + 1*2^0 = 1*2^8 - 1 = 255_{10}$$

Диапазон изменения *целых неотрицательных чисел* от 0 до 255.



Для хранения целых чисел со знаком отводится две ячейки памяти (16 бит), причем старший (левый) разряд отводится под знак числа (если число положительное, то в знаковый разряд записывается **0**, если число отрицательное записывается **1**).

Представление в компьютере положительных чисел с использованием формата «знак-величина» называется прямым кодом числа.



Например, число  $2002_{10} = 11111010010_2$  будет представлено в 16-ти разрядном представлении следующим образом:

0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

При представлении целых чисел в n-разрядном представлении со знаком максимальное положительное число (с учетом выделения одного разряда на знак) равно:

$$A = 2^{n-1} - 1$$



ПРИМЕР. ОПРЕДЕЛИТЬ МАКСИМАЛЬНОЕ ПОЛОЖИТЕЛЬНОЕ ЧИСЛО, КОТОРОЕ МОЖЕТ ХРАНИТСЯ В ОПЕРАТИВНОЙ ПАМЯТИ В ФОРМАТЕ *ЦЕЛОЕ ЧИСЛО СО ЗНАКОМ*.

$$A_{10} = 2^{15} - 1 = 32767_{10}$$

Для представления отрицательных чисел используется ***дополнительный код***.

Дополнительный код позволяет заменить арифметическую операцию вычитания операцией сложения, что существенно упрощает работу процессора и увеличивает его быстродействие.

**Дополнительный код отрицательного числа  $A$ , хранящегося в  $n$  ячейках, равен  $2^n - |A|$ .**



Дополнительный код представляет собой дополнение модуля отрицательного числа  $A$  до 0, поэтому в  $n$ -разрядной компьютерной арифметике:

$$2^n - |A| + |A| \equiv 0$$

Это равенство тождественно справедливо, т.к. в компьютерной  $n$ -разрядной арифметике  $2^n \equiv 0$ . Действительно, двоичная запись такого числа состоит из одной единицы и  $n$  нулей, а в  $n$ -разрядную ячейку может уместиться только  $n$  младших разрядов, т.е.  $n$  нулей.



## ПРИМЕР. ЗАПИСАТЬ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ КОД ОТРИЦАТЕЛЬНОГО ЧИСЛА $-2002$ ДЛЯ 16-ТИ РАЗРЯДНОГО КОМПЬЮТЕРНОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ

Проведем вычисления в соответствии с определением дополнительного кода:

$2^{16}$	=	$10000000000000000_2$	$65536_{10}$
$2002_{10}$	=	$0000011111010010_2$	$2002_{10}$
$2^{16} -$ $ 2002_{10} $	=	$1111100000101110_2$	$63534_{10}$

Проведем проверку с использованием десятичной системы счисления. Дополнительный код  $63534_{10}$  в сумме с модулем отрицательного числа  $2002_{10}$  равен  $65536_{10}$ , т.е. дополнительный код дополняет модуль отрицательного числа до  $2^{16}$  (до нуля 16-ти разрядной компьютерной арифметики).

Для получения дополнительного кода отрицательного числа можно использовать довольно простой алгоритм:





# ПРАВИЛО ПОЛУЧЕНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО КОДА

Для получения дополнительного кода отрицательного числа можно использовать довольно простой алгоритм:

1. Модуль числа записать *прямым кодом* в  $n$  двоичных разрядах;
2. Получить *обратный код* числа, для этого значения всех бит инвертировать (все единицы заменить на нули и все нули заменить на единицы);
3. К полученному *обратному коду* прибавить единицу.



ПРИМЕР ЗАПИСАТЬ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ КОД ОТРИЦАТЕЛЬНОГО ЧИСЛА  $-2002$  ДЛЯ 16-ТИ РАЗРЯДНОГО КОМПЬЮТЕРНОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГОРИТМА.

Прямой код	$ -2002_{10} $	$0000011111010010_2$
Обратный код	инвертирование	$1111100000101101_2$
	прибавление единицы	$1111100000101101_2$ + $0000000000000001_2$
Дополнительный код		$1111100000101110_2$

При  $n$ -разрядном представлении отрицательного числа  $A$  дополнительным кодом старший разряд выделяется для хранения знака числа (единицы). В остальных разрядах записывается положительное число:

$$2^{n-1} - |A|.$$

Чтобы число было положительным должно выполняться условие:

$$|A| \leq 2^{n-1}$$

Следовательно, максимальное значение модуля числа  $A$  в  $n$ -разрядном представлении равно:

$$|A| = 2^{n-1}$$

Тогда, минимальное отрицательное число равно:

$$A = -2^{n-1}$$



ПРИМЕР. ВЫПОЛНИТЬ АРИФМЕТИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ  $3000_{10} - 5000_{10}$  В 16-ТИ РАЗРЯДНОМ КОМПЬЮТЕРНОМ ПРЕДСТАВЛЕНИИ.

Представим положительное число в прямом, а отрицательное число в дополнительном коде:

Десятичное число	Прямой код	Обратный код	Дополнительный код
3000	000010111011100 0		
-5000	000100111000100 0	111011000111011 1	111011000111011 +000000000000000 1 1110110001111000



СЛОЖИМ ПРЯМОЙ КОД ПОЛОЖИТЕЛЬНОГО ЧИСЛА С ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМ КОДОМ ОТРИЦАТЕЛЬНОГО ЧИСЛА. ПОЛУЧИМ РЕЗУЛЬТАТ В ДОПОЛНИТЕЛЬНОМ КОДЕ:

3000-5000			1111100000110000
-----------	--	--	------------------

Переведем полученный дополнительный код в десятичное число:

1) Инвертируем дополнительный код:

0000011111001111

2) Прибавим к полученному коду 1 и получим модуль отрицательного числа:

$$\begin{array}{r} 0000011111001111 \\ + \quad \underline{0000000000000001} \\ 0000011111010000 \end{array}$$



3) Переведем в десятичное число и припишем знак отрицательного числа:  
-2000.

Недостатком представления чисел в формате с *фиксированной запятой* является конечный диапазон представления величин, недостаточный для решения математических, физических, экономических и других задач, в которых используются как очень малые, так и очень большие числа.



## **Вывод:**

Целые числа в памяти компьютера – это дискретное, ограниченное и конечное множество.

Границы множества целых чисел зависят от размера выделяемой ячейки памяти под целое число, а также от формата: со знаком или без знака.

МАТЕМАТИКА:  
множество целых  
чисел дискретно,  
бесконечно, не  
ограничено

ИНФОРМАТИКА:  
множество целых  
чисел дискретно,  
конечно,  
ограничено



Границы множества целых чисел зависят от размера выделяемой ячейки памяти под целое число, а также от формата: со знаком или без знака.

